

PATENTE DE INVENCION

Pats/24/1576/22.

31 JUL



279686

Memoria Descriptiva

sobre:

"Perfeccionamientos en elementos de combustible para reactores nucleares".

Solicitante:

UNITED KINGDOM ATOMIC ENERGY AUTHORITY, entidad inglesa,
residente en 11, Charles II Street, Londres, Inglaterra.

Este invento se refiere a elementos de combustible para reactores nucleares de la clase constituida por una columna de secciones o pastillas de combustible cerámico encerradas en una envoltura metálica de ajuste perfecto, de forma tubular, y constitu-

5.

279686

- 2 -



5. ye un objeto de este invento el proporcionar elementos de esta naturaleza de longitud superior a la utilizada hasta ahora, sin tropezar con problemas insolubles en relación con la estabilidad de dichos elementos durante su empleo en un reactor.

10. Existe un buen incentivo económico para aumentar la longitud de los elementos de combustible, ya que dá lugar a un ahorro en el coste de los soportes extremos; a un contenido inferior de material estructural absorbente de neutrones en el reactor y, en los reactores en los que los elementos de combustible están amontonados extremo con extremo uno encima de otro, un mayor contenido de combustible ya que existen menos espacios entre los extremos adyacentes de los elementos de combustible dispuestos con los extremos juntos,

20. Se ha descubierto que un factor que puede dar lugar a la inestabilidad de los elementos de combustible, es la pérdida de rigidez que deriva del movimiento de la envoltura del elemento con respecto al combustible del interior de la misma. Se ha averiguado que este movimiento puede restringirse enclavijando entre sí el combustible y el revestimiento, ranurado el primero y comprimiendo el segundo al interior de las ranuras. Sin embargo, cuando el combustible es de naturaleza cerámica, tiene la propiedad de no ser excepcionalmente resistente una vez preparado (por ejemplo se observan grietas capilares) y la propiedad de transformarse en crecientemente debilitado durante el empleo, a causa del efecto de

25.

30.

279386 - 3 -

31 JUL 1954



la irradiación. Así, un enclavijado por ranurado, no solo aumenta la debilidad de la sección o pastilla sino que, en uso, pronto desaparece la resistencia que se esperaba de aquel como acoplamiento.

5. De acuerdo con este invento, un elemento de combustible para reactor nuclear, de tipo que comprende una columna de secciones o pastillas de combustible cerámico encerradas en una envoltura metálica de ajuste perfecto, de forma tubular y de tala-
10. dro en general uniforme y liso, tiene su columna de secciones o pastillas dividida por, como mínimo, una sección o pastilla de material no fisionable, inerte para el combustible y para la envoltura, y dotada de la propiedad de retener su resistencia sometida a
15. irradiación, y por lo menos una parte de dicha sección o pastilla tiene una sección transversal reducida en el interior de la cual se enclavija la envoltura.

20. A continuación vá a describirse por vía de ejemplo una aplicación práctica de este invento, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

parcial

La figura 1 es una vista lateral/de un conjunto de combustible de un reactor nuclear.

25. La figura 2 es una vista lateral, en corte, de un elemento de combustible del conjunto.

Las figuras 3 y 4 son detalles a mayor escala de la figura 2, y

La figura 5 es una modificación.

30. Con referencia a las figuras 1 a 4, un



279686

- conjunto 1 de combustible de un reactor nuclear del tipo descrito en la Memoria de la solicitud británica nº 889.536, comprende dos conjuntos poco separados y dispuestos uno sobre otro, de 21 elementos
- 5, 2 de combustible revestidos y dispuestos paralelamente (20,4" de longitud) contenidos en un alojamiento tubular 3 de grafito; los elementos de combustible 2 están colocados por su extremo en estructuras de rejilla 4 dispuestas en el alojamiento 3.
10. La curvatura de los elementos de combustible 2 en sus puntos medios, se mantiene entre límites por una estructura 15 de rejilla ligera. Cada elemento de combustible 2 está constituido por una columna de secciones o pastillas 9 de combustible de UO_2
15. sinterizado, encerradas en una envoltura tubular 10 de 0,016" de espesor y 0,4" de diámetro interno, de taladro liso y ajuste perfecto, de acero inoxidable dividida en dos secciones iguales de extremos separados por pastillas 33 (0,7" de longitud)
20. duras y no fisionables de alúmina sinterizada (inerte para el acero inoxidable y el UO_2) dispuestas en coincidencia con la estructura de rejilla 15. Las pastillas de alúmina 33 conservan su resistencia sometidas a irradiación y tienen ranuras circunferenciales 50 (figura 4) y la envoltura 10 se enclavija en las pastillas 33, por un método que luego se describe. La profundidad de la ranura 50 es de 0,25" y la anchura 0,145", reduciéndose a 0,135".
25. Cada estructura de rejilla 4 se fabrica
30. con tiras 5 interconectadas y delgadas de acero



inoxidable que limitan una serie de aberturas separadas 8. Los extremos de los elementos de combustible 2 forman un ajuste de presión en el interior de las aberturas separadas 8 de tal modo que las vibraciones inducidas por la corriente de refrigerante en los elementos de combustible quedan reducidas, pero se permite la dilatación térmica de las varillas de combustible por desplazamiento de las tiras 5 desde sus puntos de conexión entre ellas.

10. Las tiras 5 están sostenidas por un soporte anular 26 de paredes delgadas y sección en U de acero inoxidable, dispuestos entre manguitos de grafito 27, 28 que revisten el alojamiento 3. El movimiento relativo entre el soporte 26 y los manguitos 27, 28 se impide por topes 29, 30 sostenidos por el soporte y situados en ranuras 31, 32, abiertas en los manguitos 27, 28.

Cada envoltura 10 de los elementos de combustible, está cerrada por casquillos extremos 11 de acero inoxidable unidos a la envoltura por soldaduras extremas 52, al arco de argon (figura 3) reforzadas por soldaduras circunferenciales de resistencia 53. Las pastillas de combustible 9, se halla térmicamente aisladas de los casquillos extremos 11, por pastillas de alúmina 12 (0,55" de longitud). Los extremos de las pastillas de combustible 9 tienen depresiones 51 (figura 3) en sus centros. Las depresiones 51 aseguran que las fuerzas originadas en las envolturas 10 con los cambios de temperatura están regidas por la temperatura

31 JUL



-⁶ 279686

- del combustible en la periferia de las depresiones, donde las pastillas 9 forman contacto unas con otras. Las depresiones 51 permiten un grado de dilatación axial de la columna de pastillas 9 de combustible,
5. en los centros de las mismas (en los que la temperatura de una pastilla de combustible puede llegar hasta 1.500°C), de tal modo que el centro de una pastilla 9 de combustible no puede formar contacto con el centro de una pastilla de combustible
10. adyacente. Los extremos de la envoltura 10 están preparados para formar collares 13 y dicha envoltura tiene una serie de nervaduras circunferenciales 14 a lo largo de su longitud, para aumentar la resistencia de la envoltura y favorecer la
15. transmisión de calor desde la varilla de combustible al refrigerante. El peso de cada elemento 2 de combustible se resiste por su collar inferior 13 que se apoya sobre los bordes superiores de las tiras 5.
20. Las estructuras 15 de rejilla ligera, introducen muy poco material secundario en el núcleo del reductor y se hallan constituidas por una serie de elementos tubulares 16 de poco espesor, de acero inoxidable, que rodean las varillas de
25. combustible 2 con algo de huelgo. Los elementos 16 están interconectados por delgadas láminas 17 de acero inoxidable, dispuestas de canto en la circulación de refrigerante a través del alojamiento 3. Las láminas de pestaña 18, conectan los elementos 16 con un soporte 19 análogo al soporte 26
- 30.



279686

de la estructura de rejilla 4. El soporte 19 se halla dispuesto entre el manguito de gráfito 28 y un manguito análogo 20, y está provisto de topes 21, 22 sostenidos por el soporte 19 y alojados en ranuras 23, 24 talladas en los extremos de los manguitos 28, 20.

5. Una varilla de sujeción 57 interconecta el alojamiento 3, los manguitos 27, 28, 20 y las estructuras de rejilla 4, 15 entre sí, para formar, con los elementos de combustible 2, el conjunto de combustible

10. 1 que puede levantarse y hacerse descender en canales verticalmente orientados para el combustible, de un núcleo de reactor moderado por gráfito, mediante la varilla de sujeción 57.

La curvatura de los elementos de combustible 2, no se restringen hasta que las varillas de combustible forman contacto con las paredes de los elementos 16. Aunque la circulación de refrigerante se restringe en el punto de contacto no se realiza el recalentamiento dado de las pastillas de alumina

15. 33 no producen calor y, por ser aislantes térmicos no conducen el calor producido en las pastillas de combustible 9 adyacentes.

20.

Los manguitos de gráfito 27, 28, 20 tienen partes rebajadas 34 a 36 a lo largo de la mayor parte de sus longitudes para definir espacios anulares de aislamiento térmico 37 a 39 que reducen las pérdidas de calor del refrigerante del reactor que circula a lo largo de los elementos de combustible 2, al exterior del alojamiento 3. Los espacios 37

25. a 39 tienen 0,05" de ancho. El peso de combustible

30.



de UO_2 en el conjunto 1 es de 36,5 libras. El peso total del conjunto de combustible 1 es de 59,5 libras. El diámetro interior de los manguitos 27, 28, 20 es de 4" y el diámetro exterior del alojamiento 3 es de 5".

5. Les pastillas o secciones 9 de combustible están constituidas per polvo de UO_2 molido y mezclado con un aglutinante y granulado a continuación, hasta un enriquecimiento de $C_0 U235$ tamizando y luego comprimiendo en forma de pastillas "verdes" que se secan para eliminar el disolvente y se sinterizan a elevada temperatura (1.650°C) durante 3 horas. Las pastillas 9 se mueven o rebajan en sus caras extremas, para dar una longitud de 0,4" con $\pm 0,0005"$ de tolerancia, la densidad mínima es de 10,4 g/cc. Existe una tolerancia de $\pm 0,001"$ en las 0,4" de diámetro de las pastillas 9. Las depresiones 51 se forman al comprimir, y tienen una profundidad (final de 0,0015").

10. Las pastillas de alúmina 12, 33 se obtienen por sinterización (a unos 1800°C) de la mezcla siguiente:

| | | | |
|-----|-----------|-------------------|-----------------|
| 25. | Al_2O_3 | óxido de aluminio | No menos de 95% |
| | $Si O_2$ | óxido de silicio | " mas de 3,5% |
| | $Ca O$ | óxido de calcio | " " 2,5% |
| | $Mg O$ | óxido de magnesio | " " 1,5% |
| | $Ti O_2$ | óxido de titanio | " " 0,1% |
| | Fe_2O_3 | óxido de hierro | " " 0,5% |
| | Na_2O | óxido de sodio | " " 0,5% |
| | K_2O | óxido de potasio | " " 0,5% |

30. La densidad es de 3,84 g/cc. La resisten-



279686

cia a la compresión es superior a 16,800 kg/cm².

La absorción de la sección transversal es inferior a 0,317 mm²/g.

5. La ranura 50 de las pastillas 33 se obtiene en la operación de compresión. Las caras extremas de las pastillas 12, 33 se rebajan con la misma tolerancia que las pastillas de combustible 9.

10. Cada elemento de combustible 2 se fabrica del modo siguiente. Ante todo se ajusta un casquillo extremo 11 en un extremo de una envoltura 10, y se sujeta a ella por soldaduras 52, 53. La envoltura 10 se evacua a continuación y luego se inserta la pastilla 12 de alúmina en la envoltura 10, seguida por 23 pastillas 9 de combustible, una pastilla 33 de alúmina, otras 23 pastillas 9 y finalmente otra pastilla de alúmina 12, realizándose todas las introducciones en una atmósfera de helio, que se mantienen hasta que se ajustan otro casquillo extremo 11 en el extremo abierto de la envoltura 10, y se sujeta al mismo por otras soldaduras 52, 53.

25. La envoltura 10 del elemento de combustible, se enclavija a continuación a la alúmina 33 agolletando las paredes de la envoltura 10 al interior de las ranuras 50, por presión local. La presión se consigue ajustando un manguito de corta longitud sobre la sección del elemento de combustible que contiene la pastilla de alúmina 33, cerrando el manguito por medios adecuados y comprimiéndolo a continuación con fluido hidráulico a una

30.

31 JUL 1962



279686

presión absoluta de 700 kg/cm², de tal modo que la pared de la envoltura 10 se deforme para proporcionar un saliente interior que se ajusta con la ranura 50 de la pastilla 33.

5. Finalmente, para ensayar la fuga total, el elemento de combustible 2 se calienta de tal modo que el helio retenido en la envoltura 10 se dilata, y de este modo se ensayan la envoltura 10 y los casquillos extremos 11 y soldaduras extremas 52, por
10. medios externos para descubrir cualquier helio que se desprenda. El helio contenido en la envoltura 10, mejora las propiedades del elemento de combustible 2, para la transmisión de calor interno.

15. Dado que los coeficientes de dilatación térmica del acero inoxidable y del UO₂ son 19×10^{-6} pulgadas/pulgadas/°C y $10,5 \times 10^{-6}$ pulgadas/pulgadas/°C respectivamente, cuando los elementos de combustible 2 se someten a temperaturas elevadas en un reactor nuclear, existe una diferencia de
20. dilatación térmica entre una envoltura 10 y las pastillas de combustible 9 que contiene. En las condiciones de oscilación térmica del reactor, la presión ejercida exteriormente por el refrigerante del reactor se combina con la dilatación
25. diferencial para someter una envoltura a la deformación progresiva ("agolletamiento"), Dividiendo la columna de pastillas de combustible en secciones y enclavijando luego la envoltura de cierre a un componente estable (pastilla 33) en
30. el punto de división, se cree que el elemento



279686

de combustible 2 se transforma, en realidad, en dos elementos de longitud menor y, por tanto, si aparece la dilatación diferencia en las secciones, en forma de distribución no uniforme de la envoltura

5. con respecto al combustible, existe menos probabilidad de que aparezcan huecos entre las pastillas de combustible, de una magnitud que favorezca el ("agollado").

10. La figura 5 representa una modificación en la que las pastillas 9 de combustible se hallan divididas por una pastilla 55 de alúmina "no-ranurada" de diámetro menor que las pastillas 9, y la envoltura 10 se deforma en el espacio anular definido por la pastilla 35 y la envoltura 10. Durante 15. la comprensión, la pastilla 55 se mantiene centralmente en el interior del taladro de la envoltura 10, por salientes 56 situados por las depresiones 51 de los extremos de las pastillas adyacentes 9.

20. En lugar de pastillas de alúmina, pueden usarse pastillas constituidas por otros materiales cerámicos de pureza elevada, tal como berilia o magnesia. Una berilia adecuada, tiene la composición siguiente:

| | | | |
|-----|-----------|-------------------|------------------|
| | B_2O_3 | Oxido de berilio | Alrededor de 99% |
| 25. | Na_2O | Óxido de sodio | " " 0,01% |
| | Fe_2O_3 | Óxido de hierro | " " 0,01% |
| | Li_2O | Óxido de litio | " " 0,03% |
| | CaO | Óxido de calcio | " " 0,01% |
| | MgO | Óxido de magnesio | " " 0,01% |
| 30. | F | fluer | " " 0,06% |



Temperatura de sinterización alrededor de 1.500°C.

Una magnesia adecuada, tiene la composición siguiente:

| | | | | |
|----|--------------------------------|-------------------|--------------|--------|
| 5. | MgO | óxido de magnesio | Alrededor de | 95% |
| | SiO ₂ | óxido de silicio | " " | 2-3% |
| | CaO | óxido de calcio | " " | 1-1,5% |
| | SeO | óxido de selenio | No menos de | 1% |
| | Al ₂ O ₃ | óxido de aluminio | " " | de 1% |

10. Temperatura de sinterización, alrededor de 1.400°C.

N O T A

Descrita suficientemente la naturaleza del invento así como la manera de realizarlo en la práctica

15. debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental, También se hace constar que el invento se refiere a una solicitud de patente presentada en Inglaterra con

20. fecha 1 de agosto de 1961 nº 27836/1, acogiendo por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, y siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita patente de invención por 20 años en España:

25. " PERFECCIONAMIENTOS EN ELEMENTOS DE COMBUSTIBLE PARA REACTORES NUCLEARES"; caracterizándose por lo siguiente:

1ª.- Perfeccionamientos en elementos de combustible para reactores nucleares, caracterizados

30. por comprender una columna de pastillas de combustible

279686



- cerámico encerrada en una envoltura metálica de ajuste perfecto, de conducto generalmente uniforme y liso; la columna de pastillas de combustible se halla dividida por lo menos por una pastilla
5. de un material no fisible, inerte para el combustible y para la envoltura, y que tiene la propiedad de conservar su resistencia sometida a la irradiación y , por lo menos parte de esta pastilla tiene una sección transversal reducida en el
10. interior de la cual se enclavija la envoltura.
- 2ª.- Perfeccionamientos, según lo especificado en la reivindicación 1ª, caracterizados porque la sección transversal reducida está constituida por una ranura circunferencial.
- 15 3ª.- Perfeccionamientos, según lo especificado en la reivindicación 1ª, caracterizados porque la mencionada pastilla es de sección transversal inferior a la de las pastillas de combustible.
20. 4ª.- Perfeccionamientos, caracterizados porque el elemento está constituido por una columna de pastillas cerámicas de material fisible, encerradas en una envoltura metálica de ajuste perfecto; de forma tubular; cierres de la envoltura
25. dispuestos en los extremos de la misma, y por lo menos una pastilla cerámica de material no-fisible que divide las pastillas de material fisible en secciones de extremos separados; la mencionada pastilla no-fisible, define una ranura circunferencial, y la
30. envoltura tiene un saliente correspondiente, dirigido



hacia el interior, que se ajusta en la mencionada ranura.

- 5a.- Perfeccionamientos, caracterizados porque el elemento comprende una columna de pastillas cerámicas de material fisible, encerradas en una envoltura metálica de ajuste perfecto de forma tubular; cierres de la envoltura dispuestos en los extremos de la misma, y por lo menos una pastilla cerámica de material no-fisible, que dividen las pastillas de material fisible en secciones de extremos separados; la pastilla de material no-fisible, es de diámetro inferior al de las pastillas fisibles, y la envoltura tiene un saliente correspondiente dirigido hacia el interior, que se ajusta con la pared lateral de la pastilla no-fisible citada.
- 5.
- 10.
- 15.

- 6a.- Perfeccionamientos, según lo especificado en la reivindicación 5a, caracterizados porque la pastilla no-fisible y las pastillas fisibles, adyacentes a ella, tienen medios de cooperación con ayuda de los cuales la pastilla no-fisible se coloca centralmente en el interior del conducto de la envoltura mencionada.
- 20.

- 7a.- Perfeccionamientos, según lo especificado en la reivindicación 6a, caracterizados porque los medios de cooperación, comprenden por lo menos un saliente en un extremo de una de dichas pastillas, y un rebajo correspondiente en el extremo adyacente de la pastilla contigua.
- 25.

- 8a.- Perfeccionamientos en elementos de
- 30.

31 JUL
- 15 - 2796 86



combustible para reactores nucleares; tal y como queda sustancialmente descrito en la presente memoria e ilustrado en los adjuntos dibujos.

Esta memoria consta de quince hojas escritas a máquina por una sola cara.

31 JUL 1962

Madrid,

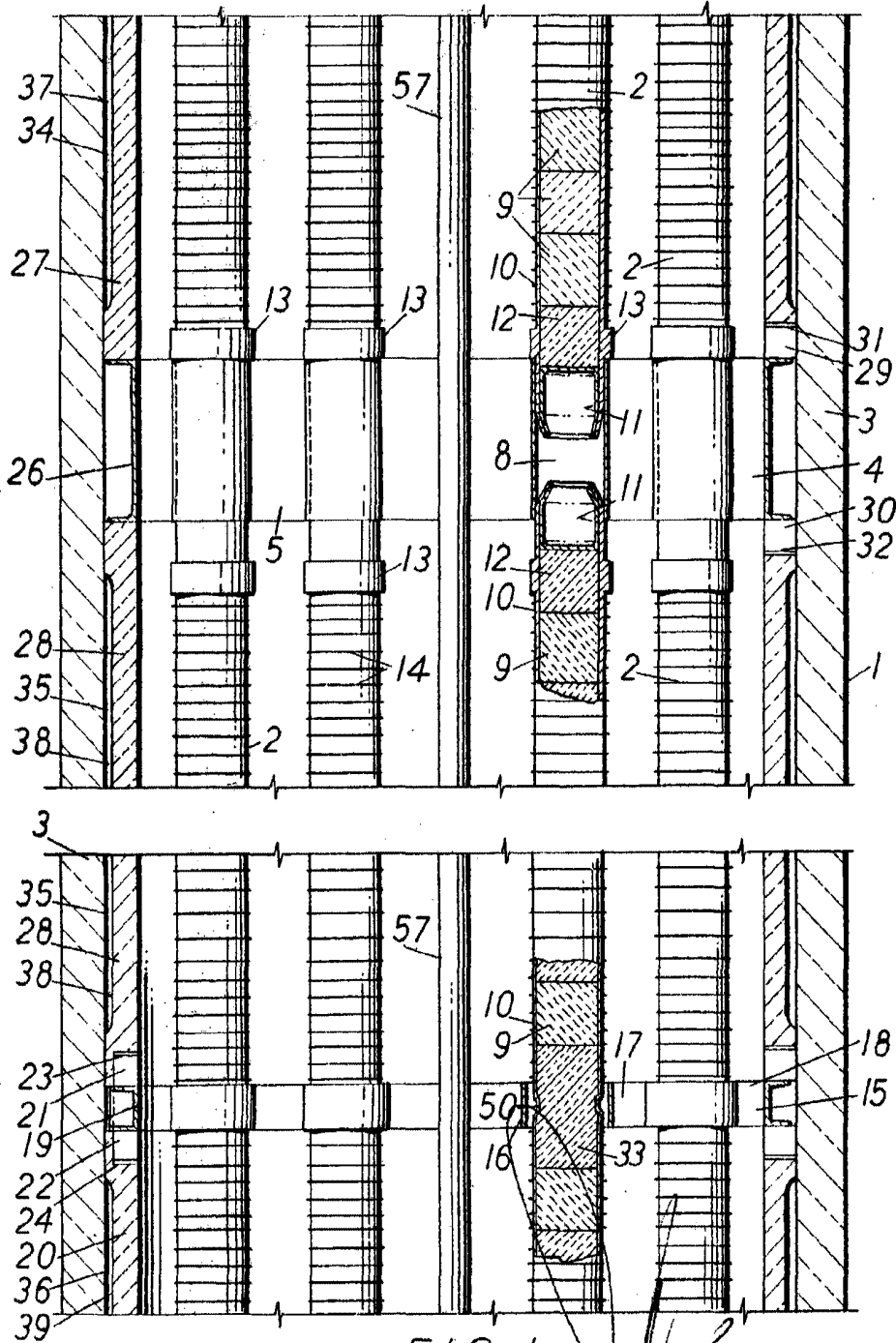
UNITED KINGDOM ATOMIC
ENERGY AUTHORITY,

GOMEZ ACEBO Y MOGAT



ESCALA VARIABLE

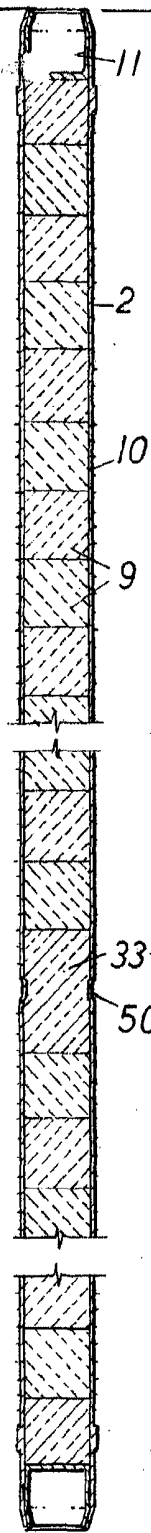
279686



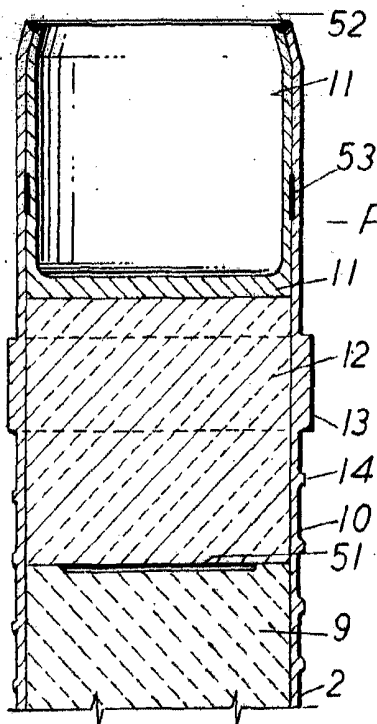
-FIG. 1-

Madrid, JUL 1962

J. GÓMEZ ACEBO Y CAÑA



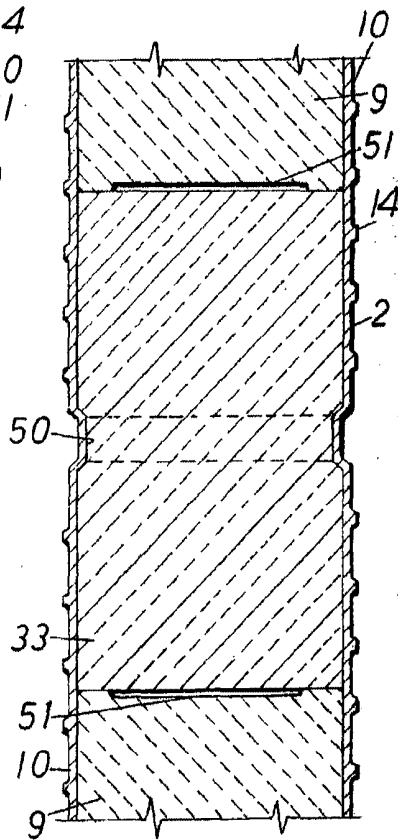
-FIG. 2-



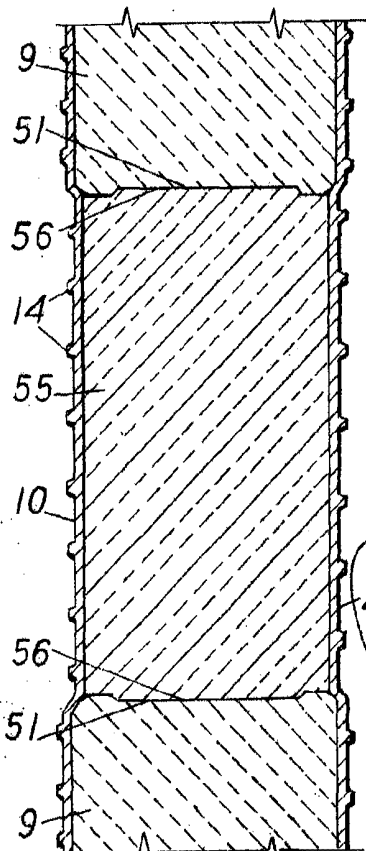
ESCALA VARIABLE

-FIG. 3-

279,86



-FIG. 4-



-FIG. 5-



Madrid,

31 JUL 1962

GOMEZ ACEROS Y MAQUINARIA